

25.10.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 7月14日  
Date of Application:

REC'D: 09 DEC 2004

出願番号 特願2004-207332  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2004-207332]

WIPO PCT

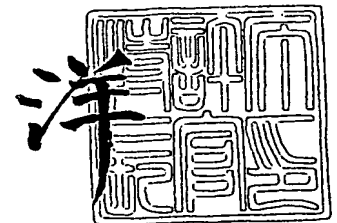
出願人 池之内 澄英  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3107481

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P-040241  
【提出日】 平成16年 7月14日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/00  
H01L 21/3065  
H05H 1/00

【発明者】  
【住所又は居所】 愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2  
【氏名】 池之内 澄英

【特許出願人】  
【住所又は居所】 愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2  
【氏名又は名称】 池之内 澄英

【代理人】  
【識別番号】 100090446  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 中島 司朗

【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2003-369333  
【出願日】 平成15年10月29日

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 014823  
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

## 【書類名】 特許請求の範囲

## 【請求項 1】

高周波出力を出力する高周波電源と、  
前記高周波出力を入力とするインピーダンス整合器と、  
このインピーダンス整合器の出力を入力とするプラズマ処理室と、  
測定された前記インピーダンス整合器の S パラメータに関する情報を記憶した記憶部と、  
前記 S パラメータに関する情報により前記プラズマ処理室の処理状態を制御する制御装置と、  
を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【請求項 2】

前記 S パラメータに関する情報は、S パラメータそのもの、あるいは S パラメータから算出した前記インピーダンス整合器の電力伝達効率の少なくとも一方であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 3】

前記インピーダンス整合器は、前記インピーダンス整合器と前記プラズマ処理室との整合状態がずれると、そのずれを検出して内蔵する可変コンデンサの値を調整して、前記インピーダンス整合器と前記プラズマ処理室とを整合状態にする自動インピーダンス整合器であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 4】

前記 S パラメータは RF ネットワークアナライザにより測定されたことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 5】

高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価方法であって、  
前記インピーダンス整合器の S パラメータを高周波ネットワークアナライザで測定し、  
測定された S パラメータから前記プラズマ処理室への電力伝達効率を求めることを特徴とするプラズマ処理装置の評価方法。

## 【請求項 6】

前記 S パラメータとして順方向伝送パラメータ  $S_{21}$  を用いることを特徴とする請求項 5 記載のプラズマ処理装置の評価方法。

## 【請求項 7】

前記電力伝達効率より前記プラズマ処理室への実供給電力を求めることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載のプラズマ処理装置の評価方法。

## 【請求項 8】

前記電力伝達効率を  $\eta$ 、プラズマ処理室の実抵抗を  $R_L$  としたとき、前記インピーダンス整合器の実抵抗  $R_m$  を  $R_m = (R_L / \eta) - R_L$  より求めることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載のプラズマ処理装置の評価方法。

## 【請求項 9】

高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置の制御方法であって、  
測定された前記インピーダンス整合器の S パラメータから前記プラズマ処理室への電力伝達効率を求め、  
この電力伝達効率を前記プラズマ処理装置の制御装置に与えて、前記プラズマ処理室を制御する  
ことを特徴とするプラズマ処理装置の制御方法。

## 【請求項 10】

前記 S パラメータとして順方向伝送パラメータ  $S_{21}$  を用いることを特徴とする請求項 9 記載のプラズマ処理室の制御方法。

## 【請求項 11】

前記電力伝達効率によって、前記高周波電源の出力電力を制御することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載のプラズマ処理装置の制御方法。

【請求項 12】

測定されたインピーダンス整合器の S パラメータから前記インピーダンス整合器の電力伝達効率(を換算し、負荷の実抵抗を  $R_L$  としたとき、前記インピーダンス整合器の実抵抗  $R_m$  を  $R_m = (R_L / \eta) - R_L$  より求めることを特徴とするインピーダンス整合器の評価方法。

【請求項 13】

高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価方法であって、前記インピーダンス整合器の S パラメータを高周波ネットワークアナライザで測定するとき、マッチング回路機能により、整合インピーダンスを求めることを特徴とするプラズマ処理装置の評価方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ処理装置とその評価方法及びその制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波電源から供給された電力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、この処理室で各種プラズマ加工を行うプラズマ処理装置とその評価方法及びその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、プラズマ処理は、ドライエッチングによる微細加工、薄膜形成など物質の表面処理に広く利用されている。特に、半導体の製造に必要不可欠なものとなっている。

プラズマ処理装置において、高周波電源から供給された高周波エネルギーをプラズマ処理の行われる処理室内の負荷抵抗に効率よく伝達させるために、インピーダンス整合器が使用され、高周波電源の等価出力インピーダンス ( $50\Omega$ ) を処理室のインピーダンスに整合させている。

【0003】

このインピーダンス整合を良好にして、安定した電力供給を行うためには、処理室の負荷の変動に応じてインピーダンスを整合させなければならない。このため、一般には、インピーダンス整合器中のコンデンサや、コイルなどを可変制御している。

これらコンデンサやコイルを可変制御するために、例えば、特開 2001-16779 号公報に示されるように、インピーダンス整合器とプラズマ負荷との間にインピーダンス測定手段を設け、測定されたプラズマ負荷のインピーダンスの値と可変コンデンサの現在の容量値に基づいて、制御手段によって変化させるべき可変コンデンサの容量を精度良く計算し、その計算結果に基づいて可変コンデンサの容量を制御するようにしている。

【0004】

上記公報に示されるものの他、特開平 11-121440 号公報に示されるように、インピーダンス整合器とプラズマ負荷との間にモニターを設け、このモニターで検出した電気的物理量と予め設定した値とを比較し、プラズマの発生状況を評価するものも存在する。

また、特開 2003-282542 号公報に示されるように、インピーダンス整合器とプラズマ負荷との間に高周波電流検出器を設け、プラズマ発生前の洩れ電流を測定し、これを基準値と比較することにより制御するものも知られている。

【特許文献 1】特開 2001-16779 号公報

【特許文献 2】特開平 11-121440 号公報

【特許文献 3】特開 2003-282542 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記従来のプラズマ処理装置の制御装置にはインピーダンス整合器とプラズマ処理室との間にインピーダンス測定器やモニターや高周波電流測定器を必要としている。これらの測定器やモニタは実際の装置としては、高周波のアナログ信号をデジタル信号に変換する変換器を必要とし、高価なものである。

【0006】

また、インピーダンス整合器とプラズマ処理室との間に前記測定器やモニタを設けると、インピーダンス整合器とプラズマ処理室との整合状態が変化し種々の条件が変化するため、プラズマ処理室の条件設定がしにくくなる。

本発明は、インピーダンス測定器やモニターや高周波電流測定器を必要としせず、しかも、プラズマ処理室の条件設定を良好に行わせることができるプラズマ処理装置とその評価方法及びその制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明は、高周波出力を出力する高周波電源と、前記高周波出力を入力とするインピーダンス整合器と、このインピーダンス整合器の出力を入力とするプラズマ処理室と、測定された前記インピーダンス整合器のSパラメータに関する情報を記憶した記憶部と、前記Sパラメータに関する情報により前記プラズマ処理室の処理状態を制御する制御装置とを備えたことを特徴とする。

## 【0008】

また前記Sパラメータに関する情報は、Sパラメータそのもの、あるいはSパラメータから算出した前記インピーダンス整合器の電力伝達効率の少なくとも一方であることを特徴とする。

また、前記インピーダンス整合器は、前記インピーダンス整合器と前記プラズマ処理室との整合状態がずれると、そのずれを検出して内蔵する可変コンデンサの値を調整して、前記インピーダンス整合器と前記プラズマ処理室とを整合状態にする自動インピーダンス整合器であることを特徴とする。

## 【0009】

また、前記SパラメータはRFネットワークアナライザにより測定されたことを特徴とする。

また、高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価方法であって、前記インピーダンス整合器のSパラメータを高周波ネットワークアナライザで測定し、測定されたSパラメータから前記プラズマ処理室への電力伝達効率を求めることを特徴とする。

## 【0010】

また、前記Sパラメータとして順方向伝送パラメータS<sub>21</sub>を用いることを特徴とする。

また、前記電力伝達効率より前記プラズマ処理室への実供給電力を求めることを特徴とする。

また、前記電力伝送効率を $\eta$ 、プラズマ処理室の実抵抗をRLとしたとき、前記インピーダンス整合器の実抵抗R<sub>m</sub>を $R_m = (RL / \eta) - RL$ より求めることを特徴とする。

## 【0011】

また、高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置の制御方法であって、測定された前記インピーダンス整合器のSパラメータから前記プラズマ処理室への電力伝達効率を求め、この電力伝達効率を前記プラズマ処理装置の制御装置に与えて、前記プラズマ処理室を制御することを特徴とする。

## 【0012】

また、前記Sパラメータとして順方向伝送パラメータS<sub>21</sub>を用いることを特徴とする。

さらに、前記電力伝達効率によって、前記高周波電源の出力電力を制御することを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0013】

本発明のプラズマ処理装置によれば、従来のようにインピーダンス整合器とプラズマ処理室との間に高価なインピーダンス測定器やモニターや高周波電流測定器を設ける必要がない。また、インピーダンス整合器とプラズマ処理室との間に測定器やモニタを設けることによる種々の弊害が無く、プラズマ処理室の条件設定を良好に行わせることができる。インピーダンス整合器のSパラメータを測定するために、高周波ネットワークアナライザを必要とするが、これはインピーダンス整合器測定時に製造メーカーに一台あればよく、プラズマ処理装置全体のコストアップにならない。

## 【0014】

また、本発明のプラズマ処理装置の評価方法によれば、従来推定でしか知ることができ

なかった、プラズマ処理室に幾らの電力が供給されているかを数値で知ることができ、また、インピーダンス整合器の実抵抗  $R_m$  も数値で知ることができる。そして、計測された、Sパラメータから求められた電力伝達効率によって、プラズマ処理室における処理を良好に行わせることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図1は本発明の一実施例におけるプラズマ処理装置のブロック図である。

図1に示すように、高周波電源1の高周波出力(13.56MHz)はインピーダンス整合器2を介してプラズマ処理室3に供給されている。高周波電源1とインピーダンス整合器2とは同軸ケーブルで接続されている。インピーダンス整合器2とプラズマ処理室3とは直接接続(500W以下では同軸ケーブル、500W以上では銅板などのバーを用いる)されている。

【0016】

インピーダンス整合器2は一般的なLC回路を基本とした自動インピーダンス整合器である。プラズマ処理室3も一般的に知られているもので、一定間隔を置いて放電電極を配置し、その間にウェハ等の被処理体を置き、プラズマ発生時点で高真空状態に保持できるようにして、被処理体の表面をプラズマ処理できるようにしたものである。

4はプラズマ処理制御部であり、真空度制御、ガス濃度制御、処理室温度制御、高周波電源制御、整合器制御などが行われるものであり、この装置も基本部分は市販されているものである。5は演算・記憶部であり、入出力制御部6、演算部7、VCI、VC2記憶部8、Sパラメータ記憶部9、効率 $\eta$ 記憶部10、整合インピーダンスZP記憶部11及び整合インピーダンスZin記憶部12により構成されている。なお、上記プラズマ処理部4が市販のものと異なるのは演算・記憶部5の入出力制御部6との間で信号のやり取りがあるところである。

【0017】

さらに、モニタ・操作部13が設けられ、入出力制御部6に接続され、信号のやり取りが行われる。このモニタ・操作部はパソコンが用いられる。

図2は、システム全体の製造現場においてインピーダンス整合器2のデータを測定するためのシステムでありRFネットワークアナライザ14のポートIが実装同軸ケーブル(図1の1と2を接続する同軸ケーブルと同じ長さの同軸ケーブル)15を介してインピーダンス整合器2の入力端子に接続され、ポートIIが測定用同軸ケーブル16を介してインピーダンス整合器2の出力端子に接続されている。測定用同軸ケーブル16のインピーダンス整合器2側の先端が実質のポートIIとなる。測定用同軸ケーブル16をRFネットワークアナライザのポートIIに接続してから、ポートIIの誤差補正(校正:RFネットワークアナライザが持っている機能で一般的に知られている。)を行って、上記実質のポートIIが仮想的に出来る。RFネットワークアナライザ14のデータ出力端子は測定用信号ケーブル17を介して演算・記憶部5の入出力制御部6に接続され、信号のやり取りが行われる。

【0018】

RFネットワークアナライザ14は市販されている一般的なものでよく、電子部品の入力信号と出力信号の振幅、位相関係から上記電子部品の回路網の反射特性、伝送特性を測定出来るもので、例えばフィルタやアッテネータの伝達特性等を測定するものである。なお、RFネットワークアナライザ14としては、ポート2側にマッチング回路機能付きのものをを用いる。

【0019】

図3は、図1に示すインピーダンス整合器2とプラズマ処理室3との共役整合時の等価回路図である。インピーダンス整合器2は可変コンデンサVC1、VC2、コイルL1と実抵抗(インピーダンス整合器2の全ての抵抗分をまとめたもの)  $R_m$  よりなり、入力端子T1、T2に高周波電源1が接続される。Zinは入力側(入力端子T1、T2)の整

合インピーダンスである。Z Rは出力側（出力端子T 3, T 4）の整合インピーダンスである。

#### 【0020】

Z P ( $R \pm jX$ )はプラズマ処理室3の整合インピーダンスであり、実抵抗をR Lで表している。入力端子T 1, T 2から高周波電源1側を見たインピーダンスを例えば50Ω、インピーダンス整合器2側を見たインピーダンスも50Ωとすると、入力端子T 1, T 2で整合が取れている。一方、出力端子T 3, T 4からインピーダンス整合器2側を見たインピーダンスZ Rを1Ωとする。これは、上記50ΩをコンデンサV C 1, V C 2で1.3Ωに変換することにより、整合インピーダンスZ R =  $R Z - R m = 1.3\Omega - 0.3\Omega = 1\Omega$ として求められる。尚、R mを0.3オームと算出できる。詳細は後述する。

#### 【0021】

プラズマ処理室3側を見たインピーダンス（抵抗分R L）を例えば1Ωとすると、インピーダンス整合器2とプラズマ処理室との整合が取れた状態となる。なお、整合が取れている状態ではZ R, Z pの虚数部分は考慮しなくて良く、この状態を共役整合状態にあると云う。

上記の整合状態（50Ω-50Ω-1Ω-1Ω）がずれると、図3に示す位相・振幅検出器2 Aで位相・振幅の変化が検出され、制御部2 Bがモータ2 C, 2 Dの回転を制御する。位相がずれると、モータ2 Dが回転してコンデンサV C 2が調整される。振幅がずれるとモータ2 Cが回転してコンデンサV C 1が調整され、整合状態になる。これが自動インピーダンス整合器と言われるもので、市販されている。

#### 【0022】

図4はインピーダンス整合器2のSパラメータをRFネットワークアナライザ14で測定する場合の接続図である。

次に、インピーダンス整合器2のSパラメータの測定について説明する。製造現場で製造されるインピーダンス整合器2のデータをRFネットワークアナライザ14で測定し、そのデータを演算・記憶部5の記憶部8, 9, に記憶させ、記憶部8, 9のデータを用いて演算器7で演算し、電力伝達効率 $\eta$ , 整合インピーダンスZ P, Z i nを記憶部10, 11, 12に記憶する。

#### 【0023】

インピーダンス整合器2とこのインピーダンス整合器2のデータを格納した演算・記憶部5とが必要に応じて他のもの（高周波電源1、プラズマ処理室3、プラズマ処理制御部4、モニタ・操作部等）と共に販売される。

図5において、SパラメータS 1 1は順方向反射係数であり、インピーダンス整合器2の入力端子T 1, T 2から信号を入れた場合の反射係数である。S 2 1は順方向伝送係数であり、インピーダンス整合器2の入力端子T 1, T 2から信号を入れた場合の伝送係数である。S 2 1は逆方向反射係数であり、インピーダンス整合器2の出力端子T 3, T 4から信号を入れた場合の反射係数である。S 1 2は逆方向伝送係数であり、インピーダンス整合器2の出力端子T 3, T 4から信号を入れた場合の伝送係数である。

#### 【0024】

図2、図3に示すように、RFネットワークアナライザ14のポートIから高周波電源1の出力と同じ周波数（13.56MHz）の信号をインピーダンス整合器2の入力端子T 1, T 2に加える。

Sパラメータの測定は、例えば、図6に示すように、インピーダンス整合器2の可変コンデンサV C 1, V C 2のポジションを夫々1000設定し、合計100万のポジションに付き測定する。図6では、コンデンサV C 1, V C 2のポジションを10置きに設定したものを示している。100万個全部測定しても良いし、10飛びに測定して、後で計算により間の数字を補完しても良い。

#### 【0025】

V C 1, V C 2のポジションに連動した測定の全てのパラメータ（S 1 1, S 2 1, S 1 2, S 2 2）を記憶して、RFネットワークアナライザ14のマッチング回路機能の回



路最適化 (マッチング) により、回路最適化し、その整合インピーダンス  $Z_P$  や電力伝達効率  $\eta$  の電気的物理量を記憶する。

まず、Sパラメータ  $S_{11}$  がコンデンサ  $VC1$ 、 $VC2$  のどのポジションにおいても  $S_{11} = 0$  (例えば 10000 分の 1) になっており、この値を確認する。インピーダンス整合器 2 の出力側では実際には RF ネットワークアナライザ 14 と整合状態にないが、RF ネットワークアナライザ 14 のポート II 側にマッチング回路を等価的に接続した特性に変換して測定 (マッチング回路機能付き) しているので、インピーダンス整合器 2 の出力側インピーダンスが  $1\Omega - 1\Omega$ 、入力側は  $50\Omega - 50\Omega$  と認識できるので、 $S_{11}$ : 無反射波になるはずである。まず、これを確認するために、コンデンサ  $VC1$ 、 $VC2$  の各ポジション全てについて  $S_{11}$  を測定し、これを Sパラメータ記憶部 9 に記憶する。

#### 【0026】

また、このときマッチング回路インピーダンスは整合インピーダンス  $Z_P$  と等しいから、整合インピーダンス  $Z_P$  記憶部 11 に記憶する。

次に、上記各ポジション毎に Sパラメータ  $S_{21}$  を測定し、これを Sパラメータ記憶部 9 に記憶する。各ポジション毎にインピーダンス整合器 2 の実抵抗  $R_m$  が変化するので、伝送係数  $S_{21}$  は異なる値をとる。これらの値はデシベルで与えられる。例えば、高周波電源 1 から 1000W の電力をインピーダンス整合器 2 に供給したとすると、 $S_{21}$  が 3 デシベルであれば伝送率は 50 パーセントでプラズマ処理室 3 には 500W の電力が供給されていることになる。 $S_{21}$  が 6 デシベルであれば伝送率は 25 パーセントになり、プラズマ処理室 3 に 250W しか電力が供給されないことになる。

#### 【0027】

次に、RF ネットワークアナライザ 14 のポート II から信号を出して Sパラメータ  $S_{22}$  を上記各ポジション毎に測定する。Sパラメータ  $S_{22}$  がコンデンサ  $VC1$ 、 $VC2$  のどのポジションにおいても  $S_{22} = 0$  即ち反射が無いことを確認する。 $S_{11}$  の場合と同じ考え方である。コンデンサ  $VC1$ 、 $VC2$  の各ポジション全てについて  $S_{22}$  を測定し、これを Sパラメータ記憶部 9 に記憶する。

#### 【0028】

最後に、上記各ポジション毎に Sパラメータ  $S_{12}$  を測定し、これを Sパラメータ記憶部 9 に記憶する。各ポジション毎にインピーダンス整合器 2 の実抵抗  $R_m$  と負荷  $R_L$  が変化するので、逆方向伝送係数  $S_{12}$  は異なる値をとる。

次に、演算部 7 によって、 $S_{21}$  を所定の変換式 (デシベルを電力比率に変換する式) を用いて電力伝達効率  $\eta$  に変換し、これを効率  $\eta$  記憶部 10 に記憶させる。上記所定の変換式は演算部 7 に内蔵されており、Sパラメータ  $S_{21}$  を効率に変換するためのもので一般に知られているものである。

#### 【0029】

また、 $\eta$  は  $\eta = R_L / (R_m + R_L)$  で表されるから、この式より、 $R_m$  は  $R_m = (R_L / \eta) - R_L$  で求められる。このようにして、今まで知ることができなかったインピーダンス整合器 2 の実抵抗  $R_m$  を知ることができる。

次に、プラズマ処理室 3 でウエハの処理を行う場合について説明する。

使用者は図 1 に示すようにシステムを組む。新しいプラズマ処理室 3 を用いる場合、多くのサンプルを処理して、良好で且つ、同じ状態の処理ができるかを確認してプラズマ処理室 3 の条件設定を行う。

#### 【0030】

まず、プラズマ処理室 3 の真空度、ガス量、温度等を所定の値に設定し、ウエハを入れて準備をする。高周波電源 1 のスイッチを投入したとき、システムは整合状態にないので、充分プラズマ処理室 3 に電力が入らないが、プラズマ処理室 3 は少ない電力で弱く点火する。自動インピーダンス整合器 2 が動作し、1~2 秒でインピーダンス整合器 2 は整合状態に入る。プラズマ処理室 3 には充分な電力が供給され安定状態に入る。

#### 【0031】

高周波電源 1 から供給される電力と処理時間だけの条件に限って言うと、例えば、A 処

理は高周波電源 1 の電力 1000 W (プラズマ処理室 3 に入る電力は 700 W 程度と推定) で 3 分、B 処理は高周波電源 1 の電力 1000 W (プラズマ処理室 3 に入る電力は 700 W 程度と推定) で 1 分と言ったものである。この電力 700 W 程度は推定した値であり、実際に測定してみないと幾らの電力がプラズマ処理室 3 に供給されているか分からない。条件設定の時は例えば高周波電源 1 から 1000 W の電力を出し、インピーダンス整合器 2 の可変コンデンサ VC1, VC2 のポジションを設定して所期の電力をプラズマ処理室 3 に供給している。 $\eta = 700 / 1000 = 0.70$ 、 $R_m = (R_L / \eta) - R_L$  より  $R_m = (1.0 / 0.7) - 1.0 = 0.42857 \Omega$  になる。

#### 【0032】

プラズマ処理室 3 でウエハの処理を行っている状態では、例えばウエハが削られることによってプラズマ処理室 3 の状態が変化する。すると、プラズマ処理室 3 の整合インピーダンスは元々  $R_L = 1 \Omega$  であったものが例えば  $R_L = 1.1 \Omega$  に変化する。すると、整合状態が崩れるので、自動インピーダンス整合器 2 が動作して、インピーダンス整合器 2 の出力端子 T3, T4 からインピーダンス整合器 2 側を見たインピーダンスを  $1.1 \Omega$  にし、整合をとる。

#### 【0033】

このとき、 $R_m$  は  $0.42857 \Omega$  で、 $R_L$  は  $1.1 \Omega$  だから効率  $\eta$  が、 $\eta' = 1.1 / (0.42857 + 1.1) = 0.71963$  (プラズマ処理室 3 の入力電力 = 719.63 W) となる。

この一連の動作において、コンデンサ VC1, VC2 の値を変化させた結果  $\eta = R_L / (R_m + R_L)$  つまり、インピーダンス整合器 2 の電力伝達効率  $\eta$  が変化している。従って、プラズマ処理室 3 に供給される電力は変化してしまっていて、この状態でウエハを正常に処理できているか疑問である。

#### 【0034】

そこで、インピーダンス整合器 2 のコンデンサ VC1, VC2 の値をプラズマ制御部 4 を経由して演算・記憶部 5 の入出力制御部 6 に加え、VC1, VC2 記憶部 7 を参照して、例えば、図 6 のポジション X であるとする、そのときの、S パラメータ記憶部 9 の値を参照し、効率  $\eta$  記憶部 10 から VC1, VC2 のポジション X の時の電力伝達効率  $\eta_x$  を取り出す。この電力伝達効率  $\eta_x$  をプラズマ処理制御部 4 に作用させ、プラズマ処理室 3 の条件を適正に制御する。

#### 【0035】

電力伝達効率  $\eta_x$  をどのように使用するかについては、例えば、プラズマ処理制御部 4 において、電力伝達率  $\eta_x = 0.71963$  であると、高周波電源 1 の出力電力を  $0.70 / 0.71963 \times 1000 = 972.72$  (W) にして、供給電力を実質的に元の電力がプラズマ処理室 3 に供給されるようにすることが考えられる。

電力伝達効率  $\eta_x$  で何の条件を調整したらプラズマ処理室 3 の処理状態が最適なものになるかはプラズマ処理室 3 の使用者が経験的に把握しているので、プラズマ処理制御部 4 で高周波電源 1 の出力電力、プラズマ処理室 3 の真空度、ガス濃度、処理室温度等、を適宜選択して制御すれば良い。

#### 【0036】

なお、図 2 では演算・記憶部 5 の中に S パラメータ記憶部 9、効率  $\eta$  記憶部 10、整合インピーダンス ZP 記憶部 11、整合インピーダンス  $Z_{in}$  記憶部 12 を設けたが、S パラメータ記憶部 9 だけを設け、あとのデータは演算部 7 で演算して出力しても良い。また、演算部 7 で S パラメータから効率  $\eta$  を演算して効率  $\eta$  記憶部 10 に記憶するようにしても良い。少なくとも、S パラメータと電力伝達効率  $\eta$  の少なくとも一方を記憶するようにすれば良い。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0037】

本発明は、特に半導体製造時に使用されるプラズマ処理の評価、制御として有用である。

## 【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の一実施例におけるプラズマ処理装置の評価方法及びその制御方法を説明するための装置の使用状態を示すブロック図である。

【図2】同測定状態を示すブロック図である。

【図3】同使用時の一部分の等価回路図である。

【図4】同測定時の一部分の等価回路図である。

【図5】同装置のインピーダンス整合器のSパラメータ説明のための図である。

【図6】同装置のインピーダンス整合器説明のための図である。

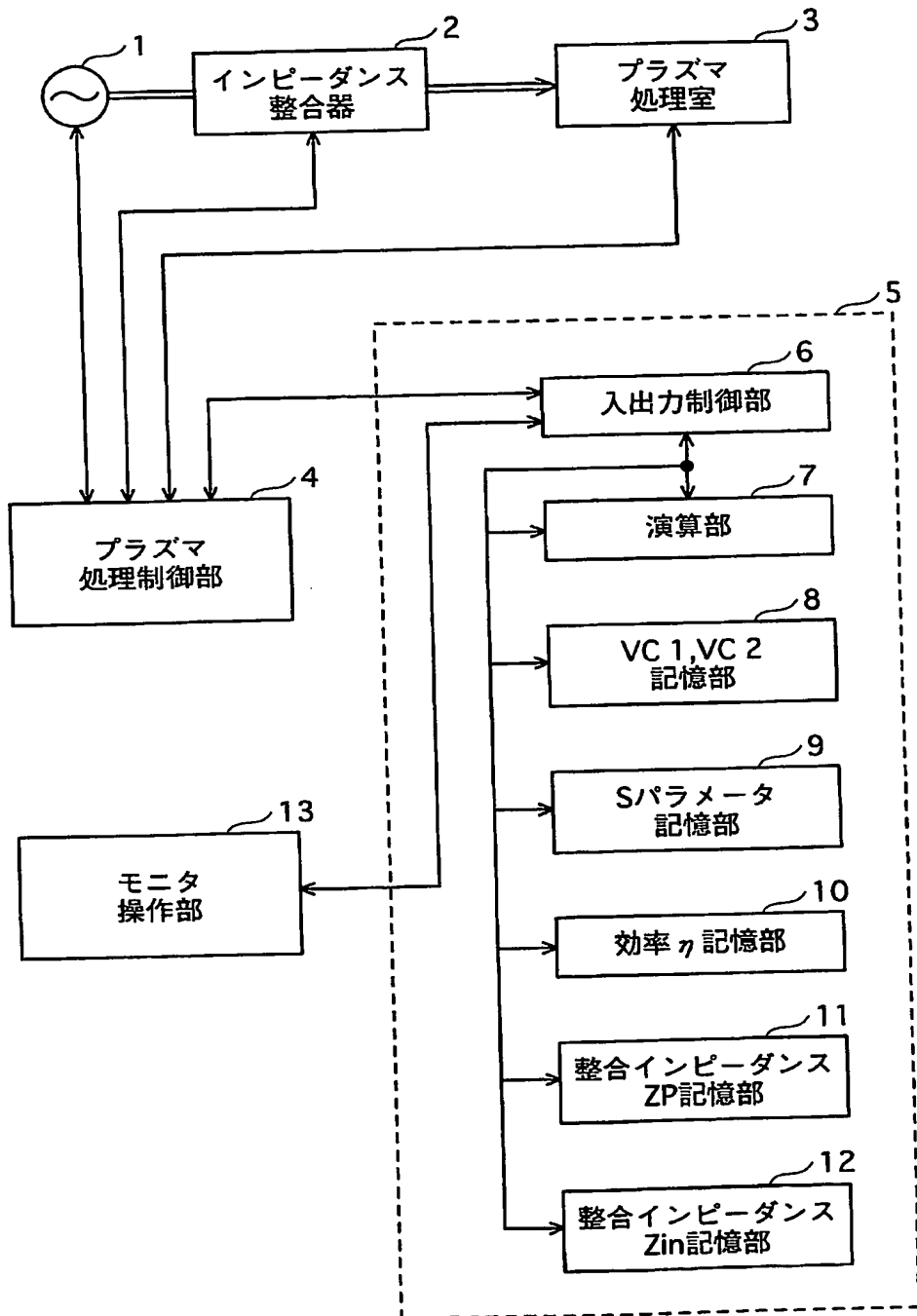
## 【符号の説明】

【0039】

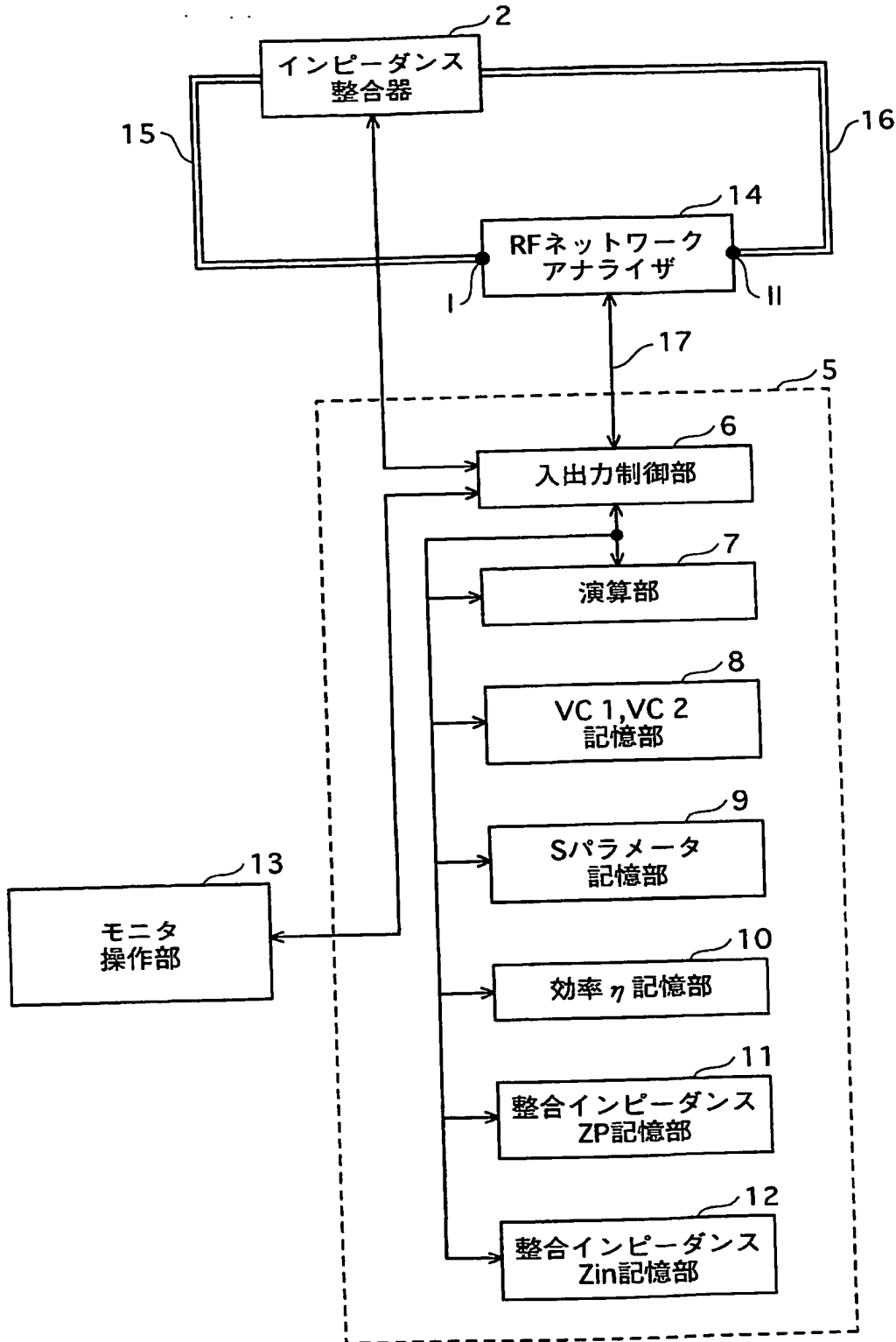
- 1: 高周波電源
- 2: インピーダンス整合器
- 3: プラズマ処理室
- 4: プラズマ処理制御部
- 5: 演算・記憶部
- 6: 入出力制御部
- 7: 演算部
- 8: VC1, VC2 記憶部
- 9: Sパラメータ記憶部
- 10: 効率 $\eta$  記憶部
- 11: 整合インピーダンス Z<sub>P</sub> 記憶部
- 12: 整合インピーダンス Z<sub>i n</sub> 記憶部
- 13: モニタ・操作部
- 14: RFネットワークアナライザ

【書類名】 図面

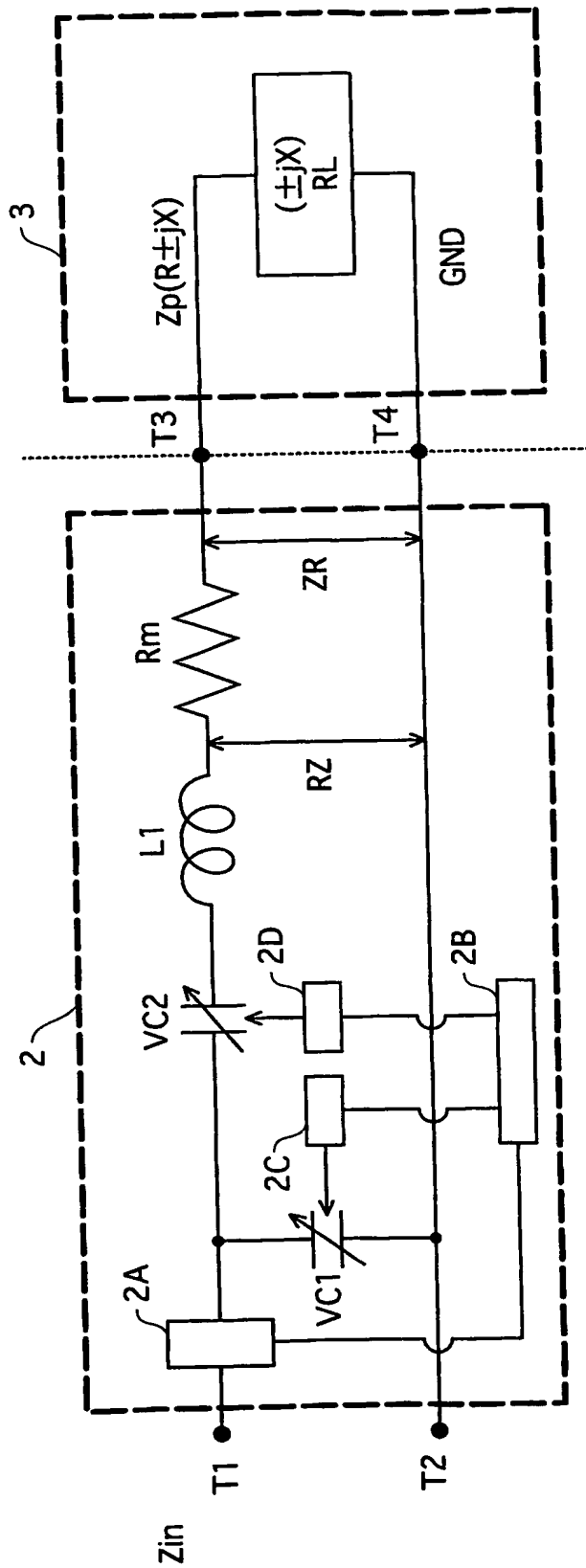
【図 1】



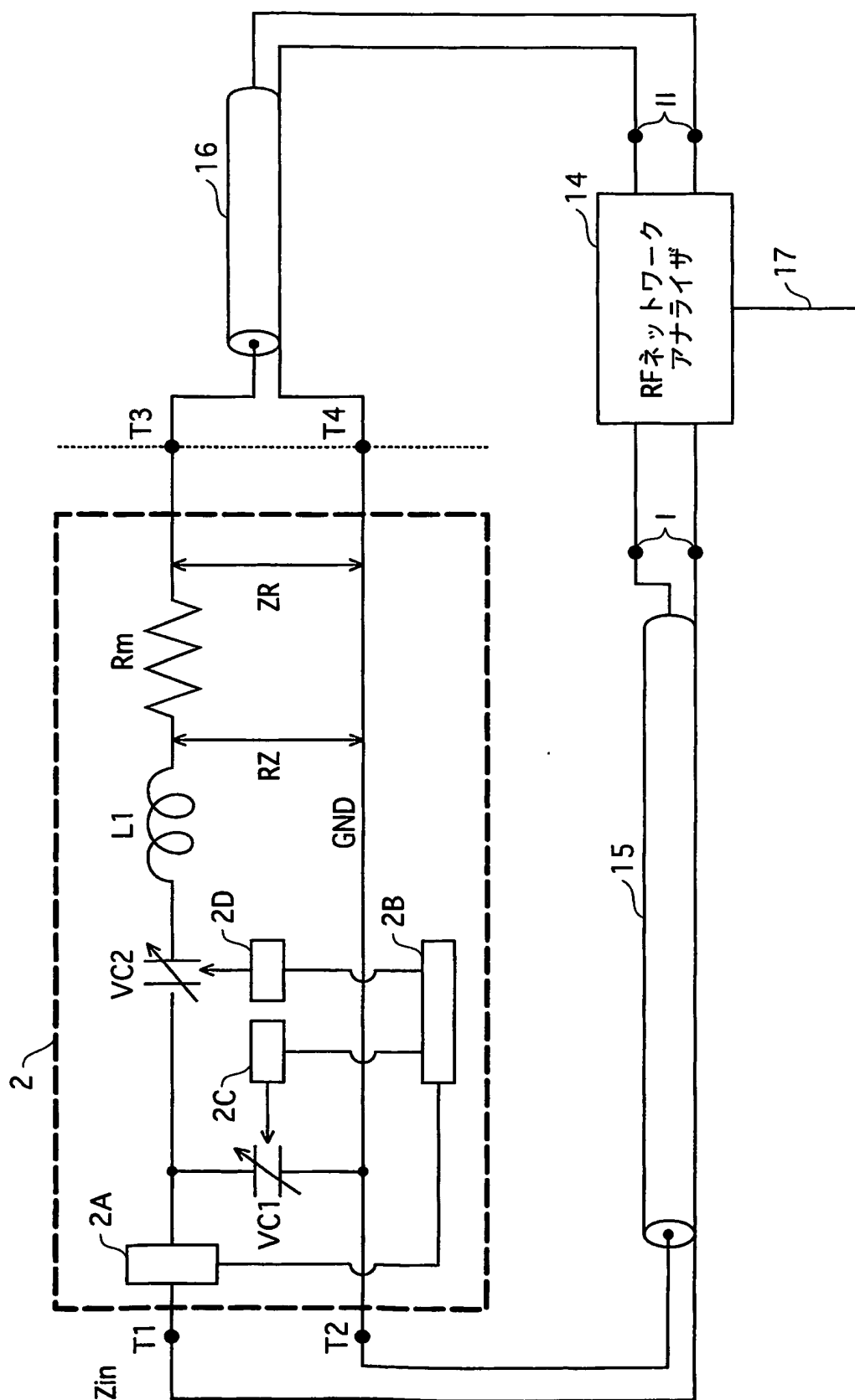
【図 2】



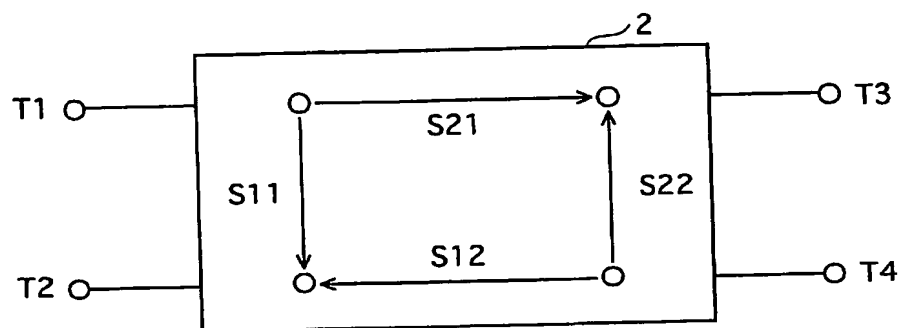
【図 3】



【圖 4】

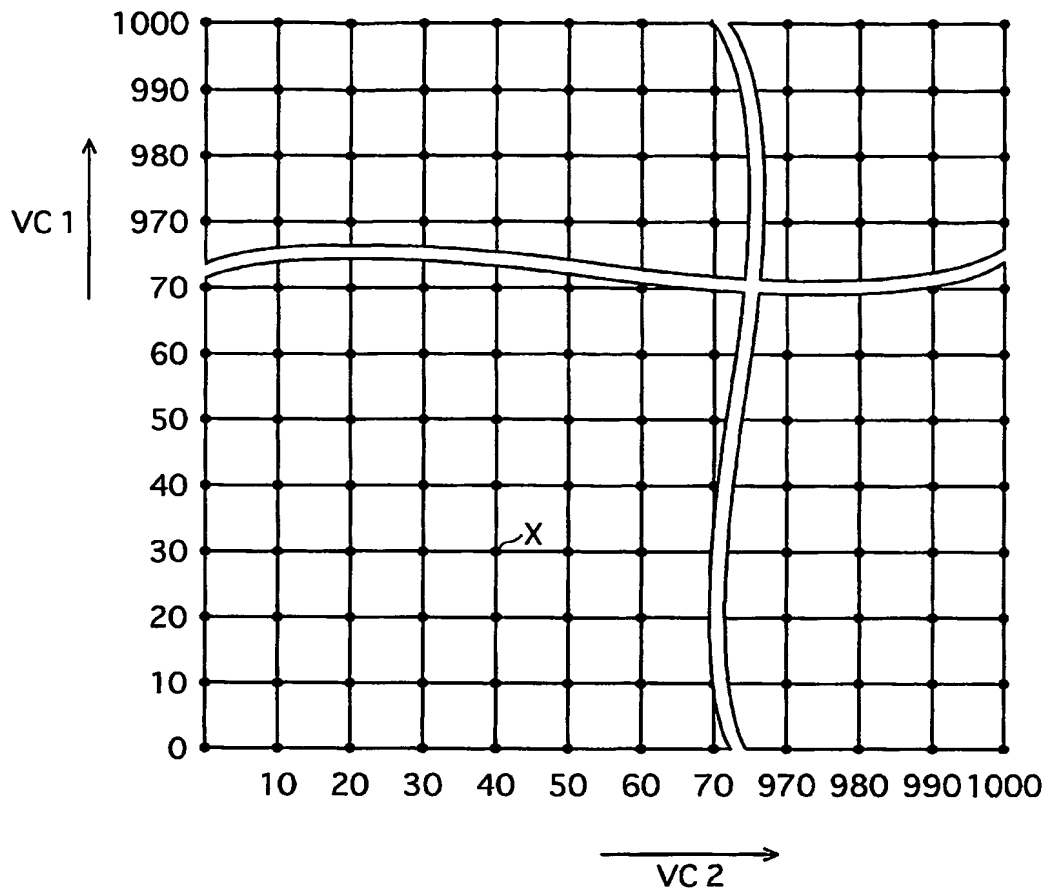


【図 5】





【図 6】



【書類名】 要約書

【要 約】

【課 題】 上記従来のプラズマ処理装置の制御装置にはインピーダンス整合器とプラズマ処理室との間にインピーダンス測定器やモニターや高周波電流測定器を必要としている。また、インピーダンス整合器とプラズマ処理室との間に前記測定器やモニタを設けると、インピーダンス整合器とプラズマ処理室との整合状態が変化し種々の条件が変化するため、プラズマ処理室の条件設定がしにくくなる。

【解決手段】 本発明は、高周波電源の高周波出力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、このプラズマ処理室でプラズマ加工を行うプラズマ処理装置、評価方法、制御方法であって、前記インピーダンス整合器やプラズマ処理室のSパラメータを高周波ネットワークアナライザで測定し、測定されたSパラメータから前記インピーダンス整合器の電力伝送効率を求めること、これによってプラズマ処理の制御を行うことを特徴とする。

備えたことを特徴とする。

【選択図】 図1

特願 2004-207332

## 出願人履歴情報

識別番号

[503397731]

1. 変更年月日  
[変更理由]

2003年10月29日

新規登録

住所  
氏名愛媛県北条市柳原491-2  
池之内 澄英